

世界工业革命与能源革命更替规律及对我国能源发展的启示

张涵奇¹, 孙德强¹, 郑军卫², 张映红³, 贾智彬⁴, 冯 棋⁵

(1. 中国科学院科技政策与管理科学研究所能源与环境政策研究中心, 北京 100190; 2. 中国科学院兰州文献情报中心, 兰州 730000; 3. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101; 4. 中国地质大学, 北京 100083; 5. 安徽大学, 安徽 230601)

摘要: 迄今为止, 人类社会一共发生过两次世界工业革命和三次能源革命。在已发生的两次世界工业革命中, 能源更替是其主要的诱导因素。工业革命与能源革命之间有着一定的联系。在每一次工业革命发生之前, 必然会有一次主导能源的变化、更替。随着工业化的快速发展, 人类面临着化石能源日益减少的危机, 以及环境污染越发严重等问题。相信在不久的将来, 世界将迎来又一次能源结构的变革, 这次变革将会引发第四次能源革命, 并主导第三次工业革命。中国作为世界能源消费大国, 在新一轮的能源革命中, 也面临着机遇和挑战。优化能源结构、快速发展清洁、高效、低碳的新型能源以代替传统化石能源, 才能在未来即将到来的工业革命中占领先机。

关键词: 世界工业革命; 世界能源革命; 更替规律

中图分类号: F416 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-2355-(2015)07-0035-03

Doi: 10.3969/j.issn.1003-2355.2015.07.006

Abstract: So far, the human society has undergone the two industrial revolutions and three energy revolutions. Energy replacing is the main factor for the world industrial revolution. There are some certain connections between industrial revolution and energy revolution. Before each industrial revolution, there must be a leading energy change and replacement. With the rapid development of industrialization, the human are facing the dwindling fossil energy crisis and more serious environmental pollution and so on. It is believed that in the near future, the world will have another revolution in the energy mix, which will cause the fourth energy revolution and lead to the third industrial revolution. As a major energy consumer in the world, China is also faced with opportunities and challenges in the new round of energy revolution. In order to seize opportunities in coming of the Industrial Revolution in the future, China should optimize energy structure, and promote clean, efficient and low-carbon energy quickly to replace traditional fossil energy.

Key words: World Industrial Revolution; World Energy Revolution; Replacement Regularity

1 世界工业革命的发展历程及标志

第一次世界工业革命起源于英国, 发生于18世纪中期, 这场革命是以工作机的诞生开始的, 以蒸汽机作为动力机被广泛使用为标志的。这一次技术革命和与之相关的社会关系的变革, 被称为第一次工业革命或者产业革命。从能源角度来

讲, 以煤炭作为主要燃料代替了人力、畜力等, 从生产方式和技术进步两个方面来讲, 机器替代了传统的手工生产, 大力提高了生产效率。

第二次工业革命起于19世纪70年代的美国, 以电力和内燃机的使用为标志。第二次工业革命开始后, 科学技术的发展突飞猛进, 各种新技术、

收稿日期: 2015-7-6

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号: No.71133005); 中国工程院2015-NY01项目第五课题“中国油气技术方向和技术路线图研究”;

作者简介: 张涵奇(1989-), 女, 中国石油勘探开发研究院研究生部学生, 于中国科学院科技政策与管理科学研究所从事能源安全战略管理、油气资源评价、油气勘探开发技术与风险评价、油气战略等方面研究工作。

新发明层出不穷，并被迅速应用于工业生产，大大促进了经济的发展。内燃机的广泛使用极大地改变了人类的生活方式，为“石油时代”和“汽车时代”的到来提供了物质技术条件^[1]。

以新型能源体系革命为标志的第三次工业革命寻求人与自然的和谐，经济社会与资源环境的协调和可持续发展^[2]。

关于第三次工业革命，目前比较流行的有三种观点。其中第一种观点由杰里米·里夫金在2011年提出的，核心观点是互联网技术与可再生能源系统相结合，将为第三次工业革命奠定坚实的基础。杰里米·里夫金为我们描述了这样一幅画面“正如人们在互联网上可以任意创建属于个人的信息并分享一样，任何一个能源生产者都能够将生产的能源通过一种外部网格式的智能型分布式电力系统与他人分享^[3]。”第二种观点是克里斯·安德森提出的，核心观点是新材料和3D打印技术等数字化制造将引领第三次工业革命^[4]。第三种观点是2011年5月，由麦肯锡全球研究所提出的，核心观点是大数据的开发和利用将引领第三次工业革命。近年来，互联网和新能源技术发展日新月异，可以预见，第三次工业革命即将拉开序幕。

2 能源革命的缘起、历程与趋势

“能源革命”是指那些在人类文明发展过程中产生了重大影响的能源生产和消费技术的革命。能源革命是推动人类文明进步的根本性能源变革，具体表现为资源形态、技术手段、管理体制、人类认知等方面出现一系列显著的变化^[5]。

回望历史，能源革命与人类的文明进步密切相关。迄今为止，已经证明的、可以称之为能源革命的能源生产和消费的技术革命有三次：第一次能源革命大约发生在40万年前，人类的祖先发现了火，推动人类从动物加速进化为人，并推动了人类原始文明和农耕文明的发生和发展。第二次能源革命始于18世纪的英国，以蒸汽机的发明和煤炭的大规模使用为主要标志。第三次能源革命开始于19世纪下半期，以电力、内燃机的发明和使用为标志。从此，人类进入了以电力和石油为主要能源的时代。

然而，近年来随着化石能源日益枯竭和环境污染严重等问题，人类必须逐步寻找新能源用以代替传统化石能源。新一轮能源革命正拉开序幕，以高效化、清洁化、低碳化的模式代替传统的、粗放的用能模式，将把人类社会推进到一个新能源时代。

3 工业革命与能源革命的更替规律及未来能源的发展趋势

回顾工业革命和能源革命的发展历程，不难发现二者之间存在着密切联系。除第一次能源革命以外，每一次能源革命发生之后都会引发新一轮工业革命。而工业革命又可以促进能源的开发和利用。

第一次能源革命大约发生在40万年前，在人类的祖先发现了火，此时人类尚处于农耕文明时代，不具备发生工业革命的条件。而第二次能源革命始于18世纪的英国，以蒸汽机的发明和煤炭的大规模使用为主要标志，蒸汽机的发明和使用使得人类开始利用大机器组织生产和运输，使得人类可以大规模利用森林能源和煤炭，推动了能源的商品化和有组织的大工业生产，迎来了人类的第一次工业革命。第三次能源革命开始于19世纪下半期，以电力、内燃机的发明和使用为标志。此外，大规模水电的开发利用，核电、石油、天然气的发现与利用，开启了能源利用的网络化时代，催生人类历史上的第二次工业革命。特别是电的发现，使得人类真正进入电气化、信息化时代^[6]。

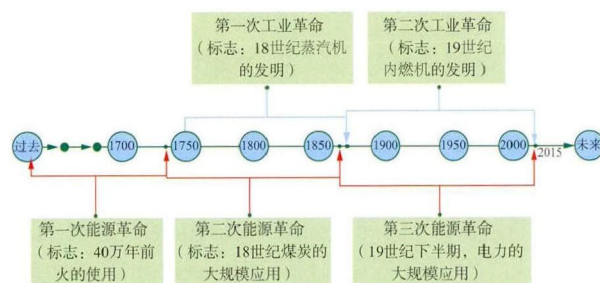


图1 能源革命与工业革命发展路线图

当前世界能源消费以化石能源为主，随着经济社会的发展，人类面临化石能源日益减少的挑战；同时，大规模开发和利用化石能源带来的气候变化、生态破坏等严重问题，直接威胁着人类社会的可持续发展。近年来，世界许多地区的化石能源消费增速均有递减趋势。世界上已有许多国家和地区将清洁无污染的可再生资源作为其能源发展战略的重要组成部分，推动可再生能源和新能源发展。根据BP对世界能源的展望，到2035年，天然气的比重稳步提高，而石油和煤炭的比重双双下降。所有化石燃料的比重都集中在大约26%~28%的区间，没有出现任何一种主导性燃料——这是工业革命以来首次出现的情况。化石燃料总体比重下降，但2035年仍是主导性能源，其比重从2013年的86%降至81%。在非化石燃料中，可再生能源（包

括生物燃料)的比重迅速提高,从当前的3%升至2035年的8%,并在2020年代初超过核电,在2030年代初超过水电。约三分之一的新增能源需求由天然气满足,另外三分之一由石油和煤炭共同满足,其余三分之一由非化石燃料满足。在经合组织中,石油和煤炭的下滑被天然气和可再生能源的增长抵消,消长基本持平。非经合组织能源增长分布均衡,石油、天然气、煤炭和非化石燃料分别约占四分之一,见图2。

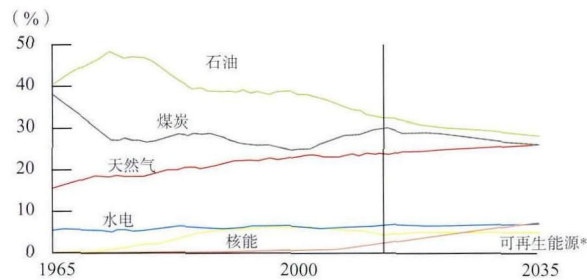


图2 2035年世界一次能源的占比(BP)

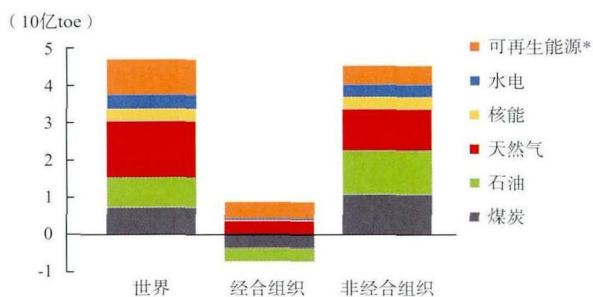


图3 2013—2035年各类燃料的增量(BP)

4 对中国能源发展的启示

中国作为世界能源消费大国,在新一轮的能源革命中,也面临着机遇和挑战。想要更好的发展,必须做到以下几点:

(1) 优化能源结构,持续降低煤炭在能源结构中的比例

煤炭目前仍是我国的主力能源。根据国家统计局公布的数据,2013年,我国能源消费总量达37.5亿tce,其中煤消费量24.75亿tce,占能源消费结构的66%。根据中国石油集团经济技术研究院估计,2014年,我国能源消费总量为38.5亿tce,其中煤炭24.75亿tce,占能源结构的63.9%。虽然煤炭的消费总量逐年递增,然而煤炭消费的增速却逐渐放缓,与以往相比,2014年的煤炭消费增量下降0.5%,见表1。在以后的发展

中,我们应该继续降低煤炭所占的比重,并提高煤炭的生产技术和高效利用技术,促使煤炭生产和使用更加高效、清洁。

表1 我国能源消费量

单位:亿tce

年	能源总量	石油	天然气	煤炭	非化石能源
2010	35.52	6.17	1.43	22.13	2.79
2011	34.84	6.48	1.75	23.83	2.78
2012	36.23	6.68	1.96	24.06	3.40
2013	37.50	6.90	2.18	24.75	3.68
2014(估计值)	38.52	7.13	2.37	24.63	4.40
2015(预测值)	39.67	7.30	2.62	24.81	4.94

(2) 积极发展核能,兼顾其他可再生能源

世界核电占电能比重约为15%,而中国目前核电比重尚不足3%,仍有较大发展空间。我国在2011年日本福岛核电站核泄漏事故发生后暂停了新核电厂的审批。虽然煤炭占能源结构的比例在逐年递减,但是目前煤炭在能源结构中的比例仍大于60%,仍是主力能源。另外,近年来空气污染问题日益严重,当前在即将到来的能源革命与工业革命的浪潮中,坚持大力发展核能是很有必要的。此外,我国应兼顾风能、太阳能、生物能、水能、地热能、海洋能等其他可再生能源的发展,提高可再生能源在能源结构中的比例,大幅度减少煤烟型大气污染、提高大气质量。

简而言之,优化能源结构,减少传统化石能源的消费量,快速发展清洁、高效、低碳的新型能源,以代替传统化石能源,才能在未来即将到来的工业革命中占领先机。

(3) 把天然气作为能源结构调整的重点之一

天然气是比较清洁的化石能源,我国潜在资源丰富且可以大力发展。根据国家统计局公布的数据,2013年,我国能源消费总量达37.5亿tce,其中天然气消费量2.18亿tce,占能源消费结构的5.8%。根据中国石油集团经济技术研究院估计,2014年,我国能源消费总量为38.5亿tce,其中天然气消费量2.37亿tce,占能源结构的6.3%,见表1。从统计数据中可以看出天然气在能源结构中的比重逐年升高。为了实现能源结构的合理优化,我们应继续提升天然气在能源结构中的比重,力争在2030年占到一次能源的10%以上。

(下转第20页)

* 包括生物燃料

4.4 加大参与全球能源治理力度, 充分利用能源治理机制

我国提出实施“一带一路”倡议, 一方面为国际能源合作带来了许多机遇, 另一方面也会引发大国的干涉和阻挠。需要和不同国家进行外交协调。同时在“一带一路”区域内的能源合作涉及法律、商务、货币、金融结算等方面的具体问题, 同样需要合作平台进行协商。国际能源治理机制是比较合适的合作、协调、协商平台。我国要加大参与力度, 增强话语权, 争取能在决策层发挥作用。在条件成熟时, 要抓紧推动建立区域能源合作机制, 构建针对性好、决策效率高、执行能力强的各种平台。

参考文献:

- [1] 经济全球化背景下的“丝绸之路经济带”国际学术研讨会[Z]. 2013.
- [2] “丝绸之路经济带——共建共享与共赢共荣的新机遇”国际研讨会[Z]. 2014.
- [3] 何茂春, 张冀兵, 等. “一带一路”战略面临的障碍与对策[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2015, 36(3): 36-45.
- [4] 黄日涵, 丛培影. “一带一路”的外界误读与理性反思[N]. 中国社会科学报, 2015-5-13.
- [5] 龚婷. “一带一路”: 国际舆论反应初探及应对建议[J]. 对外

传播, 2015, (3): 24-26.

- [6] 冯巍, 程国强. 国际社会对“一带一路”倡议的评价[N]. 中国经济时报, 2014-7-14(005).
- [7] 石泽, 杨晨曦. 推进“一带一路”能源资源合作的外交运筹[R]. CIIS 研究报告, 2014.
- [8] 杨晨曦. “一带一路”区域能源合作中的大国因素及应对策略[J]. 新视野, 2014, (4): 124-128.
- [9] 高世宪, 梁琦, 等. 丝绸之路经济带能源合作现状及潜力分析[J]. 中国能源, 2014, 36(4): 4-7.
- [10] 王义桅. “一带一路”机遇与挑战[M]. 北京: 人民出版社, 2015.
- [11] 赵华胜. 美国新丝绸之路战略探析[J]. 新疆师范大学学报, 2012, 33(6): 15-24.
- [12] 李建民. 丝绸之路经济带、欧亚经济联盟与中俄合作[J]. 俄罗斯学刊, 2014, (5): 7-18.
- [13] 查道炯. “一带一路”框架下境外能源投资逻辑[N]. 中国石油报, 2015-3-31.
- [14] 孙哲. 中美外交: 管控分歧与合作发展[M]. 北京: 时事出版社, 2014.
- [15] 刘小雪. 拓宽能源合作领域, 深化中印能源合作[J]. 中国能源, 2015, 37(4): 5-8.
- [16] 桂俊松, 全晓波. “一带一路”框架下需反思传统能源安全观[N]. 中国能源报, 2015-4-13(004).

(上接第 37 页)

(4) 积极有序发展水电, 使之成为我国的绿色能源支柱之一

水电是 2030 年前可再生能源发展的第一重点, 而且资源清晰、技术成熟。我国小水电资源丰富, 可开发的资源有 1.2 亿 kW, 居世界首位, 占全国技术可开发水能资源的 22%, 其中西南地区可开发资源高达 4900 万 kW^[7]。工业化国家十分重视水利资源的开发利用, 我国也应该把发展水电放在优先地位。我国具备了充分开发可利用水利资源的技术能力和投资能力。尽管水电分布比较集中, 部分水电需要长距离外输, 但由于水电的可靠性高、可控性强, 仍然是十分具有竞争力的优质资源。

5 结论

迄今为止, 人类社会一共发生过两次世界工业革命和三次能源革命。工业革命和能源革命之间存在着某种内在关联, 每一轮的能源更替都会导致一次工业革命。第三次能源革命之后, 可供

开采的传统化石能源越来越少。因此, 发展新型可再生能源成了人类发展的必由之路。中国作为世界能源消费大国, 在新一轮的能源革命中, 也面临着机遇和挑战。优化能源结构、快速发展清洁、高效、低碳的新型能源, 以代替传统化石能源, 才能在未来的工业革命中占领先机。

参考文献:

- [1] 金碚. 世界工业革命的缘起、历程与趋势[M]. 2015.41-49.
- [2] 何建坤. 新型能源体系革命是通向生态文明的必由之路. 中国地质大学学报[J]. 2014, (03): 1-10.
- [3] 杰里米·里夫金. 第三次工业革命[M]. 北京: 中信出版社, 2012.31.
- [4] 克里斯·安德森. 创客——新工业革命[M]. 北京: 中信出版社, 2012.31.
- [5] 孙龙德. 能源革命——中国油气发展未来之路. 国际石油经济[J]. 2015, (01): 2-7.
- [6] 钱兴坤, 姜学峰. 2014 年国内外油气行业发展报告[R]. 北京: 石油工业出版社, 2015.35-43.
- [7] 中国能源中长期发展战略研究项目组. 中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究综合卷[M]. 北京: 科学出版社. 2011.36.